

KAZIMIERZ KRUSZKA

ENERGIA ELEKTRYCZNA JAKO PRZEDMIOT BADANIA STATYSTYCZNEGO

1. Zakres zastosowania energii elektrycznej w rozmaitych dziedzinach działalności człowieka jest w chwili obecnej tak szeroki i różnorodny, iż trudno wprost uwierzyć, że przed niespełna 50 laty toczyły się w Polsce spory na temat potrzeby elektryfikacji kraju i korzyści z niej wynikających¹. Nie oznacza to bynajmniej, że wszystkie problemy techniczne i ekonomiczne łączące się z elektryfikacją² zostały już pomyślnie rozwiązane. Wydaje się, że stan ten związany jest głównie z niedostatecznym stopniem rozpoznania warunków i skutków gospodarczego zastosowania energii elektrycznej. Dotychczasowy stan badań, szczególnie nad determinantami i strukturą zużycia energii elektrycznej, zarówno w ujęciu retrospektywnym, jak i perspektywicznym, jest wysoce niezadowalający³ i zmusza do ciągłych poszukiwań metodologicznych. Można przypuszczać, że obserwowany ostatnio w naukach ekonomicznych burzliwy rozwój metod ilościowych — szczególnie statystycznych i ekonometrycznych — przyniesie i na tym polu pożądany postęp.

2. Energia elektryczna może być przedmiotem zainteresowania wielu nauk, głównie zaś fizyki i dyscyplin z nią związanych (np. elektroenergetyka, elektrotechnika, elektronika) oraz dyscyplin ekonomicznych (np. ekonomia polityczna, ekonomia przemysłu, rolnictwa, statystyka ekonomiczna itp.). W praktycznych zastosowaniach fizyki przez energię elektryczną rozumie się energię poruszających się ładunków elektrycznych,

¹ Por. *Gospodarka elektryczna w Polsce*, Warszawa 1926, s. 77 - 84.

² Terminem tym obejmuje się najczęściej rozprowadzanie wytworzonej w elektrowniach energii elektrycznej między użytkowników (do miejsc zapotrzebowania) za pośrednictwem budowanych w tym celu elektroenergetycznych sieci przesyłowych i rozdzielczych. W zależności od zasięgu elektryfikacji rozróżnia się elektryfikację rejonu lub obiektu, a w zależności od kierunku — elektryfikację wszerz (poziomą), polegającą na obejmowaniu procesem elektryfikacji coraz większych obszarów, oraz elektryfikację w głąb (pionową), która polega na rozpowszechnieniu zastosowań energii elektrycznej w danej dziedzinie lub obiekcie.

³ Por. J. Jakubowski, *Dorobek naukowy Komitetu Elektryfikacji Polski*, Nauka Polska, 1962, z. 2, oraz E. Karelus, *Niektóre aspekty elektryfikacji kraju*, Nowe Drogi 1966, z. 1.

czyli tzw. energię elektrodynamiczną⁴ i nazywa ją prądem elektrycznym. Energia elektryczna należy do pochodnych rodzajów energii, otrzymywanych drogą przetwarzania energii źródeł, nazywanych często nośnikami energii pierwotnej⁵. Dzięki rozwojowi techniki w ciągu ostatnich 100 lat możliwe stało się otrzymywanie energii elektrycznej w dużych ilościach, na skalę przemysłową i przesyłanie jej na znaczne odległości. Stąd też często rozpatruje się energię elektryczną jako produkt przemysłowy i mówi się o jej wytwarzaniu (produkcji) i zużyciu. Nie jest to pogląd poprawny z punktu widzenia pierwszej zasady termodynamiki⁶, ale w aspekcie ekonomicznym przydatny i nie budzący zastrzeżeń.

W celu uzyskania określonej ilości energii elektrycznej (proces produkcji) trzeba bowiem zużyć pewną ilość tzw. paliw pierwotnych (przedmioty pracy), zastosować odpowiednie urządzenia i narzędzia (środki pracy) oraz zatrudnić przy tym człowieka (praca żywa). Zużycie, czyli konsumpcję sensu largo, energii elektrycznej można traktować analogicznie jak konsumpcję innych produktów pochodzenia przemysłowego pamiętając, że polega ono na przemianie w inną postać energii pochodnej, jak mechanicznej, cieplnej itp. W dalszym ciągu więc energią elektryczną nazywać będziemy produkt przemysłowy, otrzymywany w wyniku przetworzenia energii pierwotnej na energię pochodną, obdarzoną właściwościami określonymi przez fizykę jako prąd elektryczny.

3. Energia elektryczna rozpatrywana z ekonomicznego punktu widzenia może być traktowana jako produkt pracy oraz jako środek pracy, zarówno produkcyjnej jak i nieprodukcyjnej. Energia ta, rozumiana jako produkt pracy, powstaje w gałęzi przemysłu zwanej elektroenergetyką i może być wykorzystywana jako środek pracy we wszystkich niemal dziedzinach działalności człowieka⁷. Ogólnie biorąc, możliwości zastoso-

⁴ Wyraża się ona wzorem: $E = UIt$, gdzie U oznacza napięcie prądu o natężeniu I w przewodniku, t oznacza czas.

⁵ Źródła energii podzielić można na regenerowane i nie regenerowane. Do pierwszej grupy zalicza się siły wodne (energia rzek oraz przypływy i odpływy oceanów), siły wiatru, promieniowanie słońca, ciepło wód morskich, ciepło złóż wulkanicznych. Źródła te obecnie nie są jeszcze wykorzystywane na większą skalę. Do nie regenerowanych źródeł energii zalicza się węgiel (kamienny, brunatny oraz lignity i torf), ropę naftową, gaz ziemny, materiały rozszczepialne (surowce zawierające uran i tor). Nośniki te są najczęściej stosowane, co z ekonomicznego punktu widzenia jest po prostu marnotrawstwem środków. Por. S. Borowski, *Rola energetyki jako czynnika rozwoju gospodarki regionalnej*, Roczniki Ekonomiczne 1965 - 1966, Poznań, t. 18, s. 11 - 16.

⁶ Tzw. zasada zachowania energii, która mówi, że energii nie można ani stworzyć, ani zużyć; można jedynie przekształcić jedną formę energii w inną (np. energię cieplną w elektryczną, elektryczną w mechaniczną itp.).

⁷ Wynika to z użytkowych właściwości energii elektrycznej, do których zalicza się przede wszystkim możliwość uzyskiwania bardzo dużych mocy, łatwość prze-

wań energii elektrycznej zależne są od skali jej produkcji oraz od poziomu bazy warunkującej jej przesyłanie, odbiór i przetwarzanie. Skala produkcji zależy z kolei od wielkości zasobów energetycznych i możliwości ich eksploatacji. Można więc bez przesady stwierdzić, że produkcja energii elektrycznej jest jak gdyby soczewką skupiającą szereg podstawowych problemów współczesnej ekonomiki, a jej zużycie — zwierciadłem odbijającym poziom i warunki życia współczesnego człowieka. Produkcja i zużycie energii elektrycznej są dzisiaj czynnikami, symptomami i miernikami rozwoju ekonomicznego i społecznego.

Do najważniejszych zagadnień związanych z produkcją energii elektrycznej należałoby zaliczyć: ocenę wielkości zasobów energetycznych i określenie warunków najbardziej ekonomicznego ich wykorzystania, lokalizację obiektów przetwarzających energię źródeł ze względu na powiązania z zasobami i odbiorcami energii, warunki optymalizacji produkcji, skalę produkcji pojedynczego obiektu wytwórczego, określenie czynników determinujących rozmiary i strukturę przyszłej produkcji. Wśród istotnych zagadnień w zakresie zużycia energii elektrycznej wymienić można: ocenę wielkości i struktury zużycia energii w ujęciu dynamicznym i przestrzennym, ustalenie determinant rozmiarów i struktury zużycia, cenę potrzeb energii i możliwości ich zaspokojenia.

Rozwiązanie tych problemów wymaga wielu badań zarówno teoretycznych, jak i empirycznych, które dostarczyłyby informacji niezbędnych dla podejmowania odpowiednich decyzji ekonomicznych. Szczególne pole do działania dostrzec tu można dla statystyki ekonomicznej. Produkcja i zużycie energii elektrycznej są bowiem procesami masowymi, powtarzającymi się i zmiennymi, w których występuje tzw. składnik systematyczny jako wyraz liczbowy określonych prawidłowości statystycznych oraz składnik losowy powodujący odchylenia od prawidłowości⁸.

4. Punktem wyjścia dla zastosowań statystyki w badaniu zjawisk ekonomicznych związanych z energią elektryczną jest ściśle ustalenie (określenie i ograniczenie) przedmiotu badania. Realizacja tego postulatu może napotkać szereg trudności spowodowanych głównie dwiema przyczynami: a. właściwościami fizycznymi energii, b. celem i zakresem badania.

Energia elektryczna nie jest ściśle związana z jakimś ciałem materialnym, nie można więc jej dostrzec bezpośrednio. Można jednak poznać i zidentyfikować jej działanie, np. świetlne, cieplne, chemiczne, magnetyczne i in. Z tego względu identyfikacja badanego przedmiotu wymaga

noszenia z miejsca wytwarzania do miejsc zużycia, nawet na duże odległości, łatwość rozdzielenia między użytkowników, stała gotowość do eksploatacji, możliwość przetwarzania na inne rodzaje energii lub na inne postacie tej samej energii oraz na sygnały elektryczne.

⁸ Por. w tej sprawie: O. Lange, *Ekonomia polityczna*, t. 1, Warszawa 1961.

ściślej współpracy statystyka i eksperta z określonej dyscypliny przedmiotowej (fizyka, energetyka), który potrafi ten przedmiot jednoznacznie wyodrębnić, rozpoznając jemu tylko przypisane właściwości (cechy konstytutywne, stałe).

Trudności występują również przy ustalaniu jednostki (elementu składowego) badanej zbiorowości. Nie może nią być jednostka naturalna. Rolę jednostki statystycznej zarówno dla produkcji, jak i dla zużycia energii elektrycznej, spełnia pewna wielkość umowna, którą najczęściej jest kilowatogodzina (kWh)⁹ lub jej wielokrotność (megawatogodzina itp.). Charakterystyczna właściwość energii elektrycznej, mianowicie jej podzielność, powoduje, że badane jednostki można według określonych reguł — kryteriów klasyfikacji — łączyć w dowolne podzbiorowości i zbiorowości — zasada agregacji, bądź też zbiorowość dzielić na podzbiorowości i jednostki — zasada dezagregacji. Dowolność ta z reguły jest ograniczona czasowym i geograficznym zakresem badania.

Zakresu badanego przedmiotu nie można ustalić arbitralnie, gdyż zależy on będzie każdorazowo od celu badania. Ograniczymy się więc do omówienia kryteriów pozwalających na dokonanie „umownych cięć” przy ustalaniu zakresu przedmiotu badań.

5. Kryteria te najogólniej podzielić można na rodzajowe, podmiotowe, terytorialne i chronologiczne. Wypada zauważyć, że człony przedstawionego podziału nie są względem siebie rozłączne i stąd w praktyce zakres przedmiotu badań ustala się stosując różne ich kombinacje.

Kryteria rodzajowe pozwalają określić rzeczowy zakres badanej zbiorowości i zajmują w stosunku do pozostałych kryteriów pozycję priorytetową. Stopniową konkretyzację (określanie i ograniczanie) przedmiotu badań rozpoczyna się zwykle przy zastosowaniu najważniejszego z tych kryteriów, jakim jest rola energii elektrycznej w procesie gospodarczym. Wynikiem tego jest podział energii elektrycznej na wytworzoną, przesyłaną i zużytą. Formalnie biorąc, podział ten rozpatrywany w kategoriach ilościowych, nie posiada głębszego uzasadnienia. Jeśli bowiem przyjąć zamknięty układ elektroenergetyczny¹⁰, to w dowolnej jednostce

⁹ Kilowatogodzina (kWh) = $3,6 \cdot 10^{12}$ ergów = 860,112 kilokalorii. Jest to praca układu dostarczającego mocy 1 kilowata (1 kW = 1,3596 koni mechanicznych) w ciągu 1 godziny. Por. M. Jeżewski, J. Kalisz, *Tablice wielkości fizycznych oraz pomocnicze tablice matematyczne*, Warszawa 1957, s. 14. Ważną własnością tej jednostki jest łatwość porównań, których przy jej pomocy można dokonać między energią elektryczną, innymi rodzajami energii i energią źródeł. Pomiaru energii elektrycznej oddawanej do sieci przez elektrownię bądź też zużywanej przez odbiorców dokonuje się w praktyce przy pomocy odpowiedniego urządzenia, zwanego licznikiem elektrycznym.

¹⁰ Przez zamknięty układ elektroenergetyczny rozumiemy powiązanie wszystkich punktów odbioru energii elektrycznej ze źródłem ich zasilania. Nie jest to równoważne pojęciu „system elektroenergetyczny”. Por. *Materiały do sporządzania pro-*

czasu wielkość energii wyprodukowanej, przesłanej i zużytej jest jednokowa¹¹. Wynika to z istoty energii elektrycznej, która w swojej własnej postaci nie może być magazynowana; nie występuje tu zjawisko zapasów. Stąd też przebieg zużycia jest równocześnie przebiegiem wytwarzania i dlatego często mówi się tylko o produkcji i zużyciu energii elektrycznej.

Takie podejście do rozważanego przedmiotu nie jest wystarczająco uzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia. Poszczególne człony schematu „produkcja - zużycie” nie są bowiem jednorodne pod względem swoich składników, a stąd nie można postawić między nimi znaku równości. Wyprodukowana energia elektryczna jest przekazywana odbiorcom tylko w części, gdyż w czasie produkcji występuje tzw. zużycie własne elektrowni związane z ich potrzebami produkcyjno-eksploatacyjnymi oraz straty w transformatorach i rozdzielni, a także w trakcie przesyłania następują tzw. straty w sieciach polegające na przemianie energii elektrycznej w inną postać energii, nieprzydatną dla odbiorców.

Rozbieżność między miejscem wytwarzania i zużywania energii elektrycznej powoduje konieczność stworzenia odpowiedniej „bazy transportowej” (sieci przesyłowej i rozdzielczej). Gospodarowanie tą bazą ma zasadniczy wpływ na ostateczną postać produktu przekazywanego odbiorcy i pozostaje w ścisłym związku z zagospodarowaniem terenu, na którym zlokalizowano sieć przesyłowo-rozdzielczą. Wydaje się, że raczej te uzasadniają celowość podziału badanego przedmiotu na energię wytworzoną, przesyłaną i zużywaną. Każda z tych wielkości może być również odrębnym przedmiotem badania statystycznego i z reguły poprzez ich oddzielne badanie otrzymuje się większy zasób informacji, które są dalej syntetyzowane i dają pogląd o całości badanego przedmiotu i związkach między jego składnikami, przykładem czego mogą być bilanse energii elektrycznej sporządzone w różnych przekrojach i układach.

W ramach podzbiorowości utworzonych przy zastosowaniu omówionego kryterium można dokonać dalszej klasyfikacji, kierując się bardziej szczegółowymi kryteriami rodzajowymi, np. pochodzeniem energii, co dotyczy głównie energii wytworzonej i przesłanej lub jej przeznaczeniem łączącym się przede wszystkim z energią zużywaną.

Energię elektryczną wytworzoną podzielić można ze względu na pochodzenie, rozumiane bądź to jako źródło energii pierwotnej, bądź też jako rodzaj elektrowni wytwarzającej, przy czym określenia dokonuje się w zależności od wielkości elektrowni mierzonej mocą zainstalowaną lub zależnie od charakteru elektrowni. Ponieważ energia elektryczna traktowana jako produkt przemysłowy jest przedmiotem wymiany (mię-

jektów planów miejscowych, Instytut Urbanistyki i Architektury, Warszawa 1965, z. 6.

¹¹ Przy założeniu, że zużycie własne elektrowni oraz straty w sieciach zaliczać będziemy do energii zużytej.

dzy elektrownią a jednostką przesyłającą, jednostką przesyłającą a odbiorcą, a także między regionami i państwami), wariantem cechy „pochodzenie” może być produkcja własna lub import.

W zależności od przyjętej definicji cechy „przeznaczenie”, może ona posiadać różne warianty, np. na cele produkcyjne lub nieprodukcyjne, na potrzeby własne lub na eksport itp. Należy podkreślić, że w przypadku niejednoznacznego rozumienia danego kryterium lub trudności z zaliczeniem do danej klasy, należy tworzyć pewne konwencje umożliwiające właściwą decyzję wszystkim zainteresowanym w zbieraniu, jak i korzystaniu z informacji statystycznych.

Odmiennej charakterystyki badanego przedmiotu dokonać można stosując zespół kryteriów, które nazwać można *podmiotowymi*, gdyż związane są z podmiotem gospodarującym energią elektryczną. Pojęcie „podmiotu gospodarującego” występuje przy tym w ujęciu makro- i mikroekonomicznym lub organizacyjnym, a jego desygnatami są określone działy, gałęzie i branże gospodarki narodowej, najmniejsze jednostki gospodarujące, np. przedsiębiorstwa, gospodarstwa rolne, gospodarstwa domowe oraz resorty i podlegające im jednostki. Podział ten ma istotne znaczenie z punktu widzenia zarządzania i kierowania gospodarką energetyczną.

Ponieważ badany przedmiot, określony rodzajowo, podlega zmianom w czasie i w przestrzeni, dla jego ograniczenia i opisu stosuje się zawsze zespół kryteriów *chronologicznych i przestrzennych*. Pozwalają one przedstawić ten przedmiot w postaci umożliwiającej charakterystykę dynamicznego i terytorialnego zróżnicowania jego elementów składowych. Stopień szczegółowości tych kryteriów dyktowany jest przez cel dociekań (np. charakterystyka zużycia energii elektrycznej w czasie), z punktu widzenia elektrowni wymaga większej szczegółowości niż z punktu widzenia całej gospodarki i rangę problemu w kontekście polityki gospodarczej (np. dążenie do równomiernego rozwoju regionów ekonomicznych powoduje konieczność posługiwania się coraz bardziej operatywnymi kryteriami przestrzennymi).

Różnorodność celów, dla których podejmować można statystyczne badania energii elektrycznej sprawia, że zagadnienie kryteriów określających zakres badanego przedmiotu nie zostało dotąd wyczerpująco opracowane¹². Trudno byłoby nawet orzec, że zadanie takie jest w pełni wykonalne. Niemniej jednak ciągłe próby zmierzające w tym kierunku powinny być podejmowane zarówno przez badaczy, jak i przez organa statystyczne.

12 pewne próby w tym zakresie rozpoczął Departament Statystyki Gospodarki Materialowej GUS, o czym świadczyć mogą jego ostatnie publikacje: *Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 1961 - 1965*, Warszawa 1966, z. B-25, oraz *Statystyczna ocena gospodarki paliwowo-energetycznej w latach 1965 - 1967*, Warszawa 1968, z. B-28.

6. Naczelnym celem badań statystycznych nad energią elektryczną jest rozpoznanie stopnia elektryfikacji gospodarki narodowej jako całości i w jej elementach składowych oraz określenie tendencji zmian, jakie w tym zakresie dostrzec można przez obserwację dynamiki i przestrzennej dyspersji produkcji oraz zużycia tej energii. Podstawowym zadaniem warunkującym realizację tego celu jest pomiar wielkości wyprodukowanej bądź zużytej energii elektrycznej w każdym z jej składników strukturalnych.

Ustalenie globalnej wielkości wytworzonej i zużytej energii nie jest sprawą trudną i można tego dokonać z wystarczającą dokładnością w sposób bezpośredni na podstawie zapisów rejestrowanych na licznikach wytwórców i odbiorców. Trudności związane z pomiarem wyłaniają się dopiero z chwilą przechodzenia do coraz bardziej prostych składników zużycia energii elektrycznej. W tej sytuacji możliwa jest tylko pośrednia obserwacja badanego przedmiotu i związana z nią konieczność szacowania wielkości nieznanych na podstawie symptomów i założeń bardziej lub mniej adekwatnych rzeczywistości (np. szacowanie struktury zużycia energii elektrycznej w gospodarstwie domowym na podstawie znajomości zużycia ogólnego w danej jednostce czasu i liczby oraz parametrów technicznych zainstalowanych w tym gospodarstwie odbiorników energii). Sprawa komplikuje się tym bardziej, im większe są trudności z identyfikacją pewnych kategorii ekonomicznych z ich realnymi odpowiednikami (np. kwestia rozliczenia zużycia energii elektrycznej przeznaczonej na cele produkcyjne i nieprodukcyjne w obiekcie oświetlonym, w którym równolegle przebiega praca produkcyjna i nieprodukcyjna). Innego rodzaju trudności powstają tam, gdzie brak jest jakichkolwiek lub wiarygodnych informacji nawet o symptomach, bądź też informacja ta nie jest wystarczająco kompletna.

Dotychczas statystyka ekonomiczna spotyka się z szeregiem takich trudności. Są one spowodowane niewystarczającym jeszcze zasięgiem sprawozdawczości z zakresu gospodarki energetycznej (szczególnie dotyczy to sektora nie uspołecznionego) oraz małym stopniem szczegółowości materiałów źródłowych. Można je w pewnej mierze pokonać, posługując się m. in. metodami wnioskowania z części o całości (np. metodą reprezentacyjną)¹³ lub dokonując jednorazowych obserwacji pewnego aspektu elektryfikacji co pewien okres¹⁴. Taki sposób rozpoznawania badanego przedmiotu nie zawsze daje pożądane rezultaty, zbliża jednak do właściwego i pełnego opisu.

¹³ Bardzo interesujące propozycje i wyniki badań tego typu przedstawia S. Borowski w opracowaniu: *Elektryfikacja indywidualnych gospodarstw rolnych rejonu środkowo-zachodniego* (w świetle badań reprezentacyjnych). Roczniki Ekonomiczne PTE, Poznań 1965 - 1966, t. 18, s. 39 - 94.

¹⁴ Przykładem może być spis zakładów i przedsiębiorstw przemysłowych, przeprowadzony w kwietniu 1966 r. według stanu na 31 XII 1965 r. Wyniki tego spisu są publikowane w cyklu wydawniczym: Spis przemysłowy 1965, GUS, Warszawa 1967.

7. Na zakończenie przeglądu problematyki związanej z energią elektryczną jako przedmiotem badania statystycznego podkreślić należy rangę tego zagadnienia w aspekcie wzrostu gospodarczego.

Jak wiadomo, wzrost gospodarczy jest ściśle związany z wielkością dochodu narodowego. Najbardziej dochodotwórczym działem gospodarki narodowej jest przemysł, który jest równocześnie największym wytwórcą i odbiorcą energii elektrycznej. Stąd też wywodzi się bardzo ścisła zależność między wielkością produkcji i zużycia energii elektrycznej a wielkością dochodu narodowego. Na tym tle wyraźna staje się potrzeba badań zmierzających do określenia prawidłowości pozwalających przewidywać zarówno potrzeby energii elektrycznej, jak i spodziewany poziom możliwości ich zaspokojenia.

ELECTRIC ENERGY AS AN OBJECT OF STATISTICAL EXAMINATION

S u m m a r y

Production of electric energy, similar to every economical process is a mass product possessing a definite factor, a systematic and fatal ones so the product rising in it can be subjected to statistic examination. Therefore the author called electric energy, understood as an object of statistic examination, an industrial product formed in the result of transformation of the primary energy into derivated energy, presented with proprieties defined by physics as the electric current.

The process of production of that energy is strictly connected with the use of it and the scope of the examined object can be stretched also on the used energy. The author proposes to consider in the investigation as well the connector between the production and the use as well, i. e. the transmittion of electric energy, its peculiarity speaking for it, examined from the economic point of view.

A conventional statistical unit of the examined agglomeration can be 1 kilowatt per hour. The description of these units and at the same time the designation of the scope of the examined object, is held with reference to a number of changeables, which the author distinguishes into generic, subjective, chronological and spatial ones. The priority in every examination have the generic changeables, especially „the role in the economical process". The subjective changeables have the main significance in the examinations inspired by problems of administrating and managing the economy. The dynamics and spatial dispersion of the electric energy can be described by the use of chronological and spatial criteria.

Talking about the measurement of the examined object the author points to the necessity and purposefulness of using the estimation and conclusion from the part about a whole, if there is no possibility of immediate and full observation.

In the article there was underlined the need of examination on electrification in the aspect of economical growth.